

(19) Japan Patent Office (JP)

(12) Japanese Unexamined Patent  
Application Publication (A)(11) Unexamined Patent Application  
Publication Number

H5-133841

(43) Publication date 28 May 1993

(51) Int. Cl. <sup>3</sup>	Identification symbols	Internal file number	F1	Technical indications
G01M 11/00	U	8204-2G		
G02F 1/35	501	7246-2K		

Request for examination: Not filed Number of claims: 2 (7 pages total)

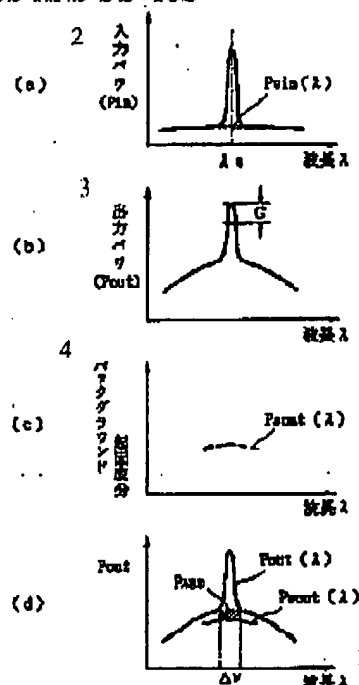
(21) Application number	H3-300511	(71) Applicant	000002130 Sumitomo Electric Industries Ltd. 5-33 Kitahama 4-chōme, Chūō-ku, Ōsaka-shi, Ōsaka-fu
(22) Filing date	15 November 1991	(72) Inventor	Shigematsu, Masayuki c/o Sumitomo Electric Industries Ltd., Yokohama Factory, 1 Taya-chō, Sakae-ku, Yokohama-shi, Kanagawa-ken
		(74) Agent	Patent Attorney Hasegawa, Yoshiki (and 3 others)

## (54) (Title of the invention) NOISE FIGURE MEASUREMENT METHOD AND DEVICE

## (57) (Abstract)

(Purpose) Accurate and highly reproducible noise figure measurement device.

(Constitution) The power  $P_{in}(\lambda)$  of signal light to be inputted into a fiber optic amplifier is detected with an analyzer and interpolated in the vicinity of the center wavelength  $\lambda_0$  to find the background component  $P_{sin}(\lambda)$  forming the skirt of the signal light. The power  $P_{out}(\lambda)$  of the output light obtained by amplifying the signal light is detected with an analyzer and the gain  $G$  is computed. On the basis of  $P_{sin}(\lambda)$  and  $G$ , the background-based component  $P_{sout}(\lambda) = GP_{sin}(\lambda)$  of the output light due to this  $P_{sin}(\lambda)$  is computed.  $P_{sout}$  is subtracted from the power  $P_{out}$  of the output light detected with the analyzer, and this difference spectrum is interpolated in the center wavelength area of the signal light, allowing the true noise light power  $P_{ASE}$  (area filled with oblique lines) alone to be selected and measured.



## [keys]

- 1: Wavelength  $\lambda$
- 2: Input power ( $P_{in}$ )
- 3: Output power ( $P_{out}$ )
- 4: Background-based component

(2)

Unexamined Patent Application Publication H5-133841

*(Scope of patent claims)*

(Claim 1) Method of measuring the noise figure of fiber optic amplifiers, comprising:

a first step in which the spectrum of the signal light for measuring the gain of a fiber optic amplifier is measured and the background component in the vicinity of the center wavelength of the signal light is determined;

a second step in which the gain of the signal light is determined based on the output light outputted by said fiber optic amplifier in response to the input of the signal light;

a third step in which, on the basis of said gain and said background component obtained in the aforementioned first and second steps, the background-based component of output light due to said background component is computed; and

a fourth step in which the spectrum of the output light outputted by said fiber optic amplifier in response to the input of signal light is measured, and the difference spectrum between it and said background-based component computed in aforementioned step 3 is determined.

(Claim 2) A fiber optic amplifier noise factor measurement device comprising:

a signal light source which generates a signal light for measuring the gain of a fiber optic amplifier;

a spectrum measurement means which measures the spectrum of the signal light generated by said signal light source and the spectrum of output light outputted by said fiber optic amplifier in response to the input of the signal light; and

a spectrum analysis and computation means which determines the background component in the vicinity of the center wavelength of the signal light based on the spectrum of the signal light measured by said spectrum measurement

means, determines the gain of the signal light based on the spectrum of the output light measured by said spectrum measurement means, computes the background-based component of the output light due to said background component on the basis of said background component and said gain, and finds the difference spectrum between the spectrum of the output light measured by said spectrum measurement means and said background-based component.

*(Detailed description of the invention)*

(0001)

(Field of industrial application) The present invention relates to a method and device for measuring the noise figure of fiber optic amplifiers doped with rare earth elements such as Er.

(0002)

(Prior art) Figure 1 and Figure 2 illustrate conventional methods of measuring the noise figure of a fiber optic amplifier. Figure 1 illustrates an optical measurement method, and Figure 2 illustrates an electrical measurement method.

(0003) As shown in Figure 1 (a), in the case of an optical measurement method, signal light from a commercial signal light source is amplified with a fiber optic amplifier, and the output light is measured with an optical spectrum analyzer. As a result, the wavelength  $\lambda=c/\nu$  of the light source, the gain  $G$  of the fiber optic amplifier, the noise light power  $P_{ASE}$  at specific resolution  $\Delta\nu$ , etc. are determined. The noise figure (NF) is given from these values according to the following formula.

(0004)

*(Formula 1)*

$$NF = \frac{P_{ASE}}{h\nu \Delta\nu (G-1)}$$

(0005) Figure 1 (b) is a graph showing the results of determining the wavelength dependency of the output light of a fiber optic amplifier using an optical spectrum analyzer. The aforementioned noise light power  $P_{ASE}$  is obtained by finding the area of the graph filled with oblique lines.

(0006) In the case of the electrical measurement method in Figure 2, the output light of the fiber optic amplifier is detected with a photoreceiver, and is then amplified with an electrical amp and measured with a spectrum analyzer. The NF value is given by the following formula.

(0007)

*(Formula 2)*

$$NF = \frac{\langle i^2_{s-sp} \rangle}{2\eta e (G-1)}$$

(0008) The noise figure measurement methods explained above are described for instance in "Oyô Butsuri, Vol. 59, No. 9, pp. 1185-1187, 'Er-doped optical fiber based amplifiers and their application,' Nakazawa" and "C. R. GILES *et al*, 'Noise Performance of Erbium-Doped Fiber

Amplifier...', IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 1, p. 367, November 1989."

(0009)

(Problem to be solved by the invention) However, with the optical measurement method, as the signal light power inputted into the fiber optic amplifier increases, noise light (ASE; amplified spontaneous emission) is suppressed and decreases. As a result, it becomes unclear whether the noise floor on the wavelength dependency graph determined with the optical spectrum analyzer is based on ASE or due to the skirt part of signal light generated by the light source. Conventionally, the noise light power is measured including the signal light skirt part, so the calculated NF value tends to be on the high (poor) side.

(0010) Meanwhile, with electrical measurement methods, it is necessary to use low noise devices for the photoreceiver, electrical amp, etc. Furthermore, if reflection or the like is present in the optical system comprising the fiber optic amplifier, there is also the problem that the detection output becomes unstable and determination of the NF value becomes difficult.

(0011) In this connection, the present invention has the

(3)

Unexamined Patent Application Publication H5-133841

objective of providing a noise figure measurement method that is accurate and highly reproducible.

(0012)

(Means of solving the problem) To solve the aforementioned problem, the noise figure measurement method of the present invention comprises (a) a first step in which the spectrum of the signal light for measuring the gain of a fiber optic amplifier is measured and the background component in the vicinity of the center wavelength of the signal light is determined; (b) a second step in which the gain of the signal light is determined based on the output light outputted by said fiber optic amplifier in response to the input of the signal light; (c) a third step in which, on the basis of the gain and background component obtained in the first and second steps, the background-based component of output light due to said background component is computed; and (d) a fourth step in which the spectrum of the output light outputted by the fiber optic amplifier in response to the input of signal light is measured, and the difference between it and the background-based component computed in aforementioned step 3 is determined.

(0013) Furthermore, the noise figure measurement device of the present invention comprises (a) a signal light source which generates a signal light for measuring the gain of a fiber optic amplifier; (b) a spectrum measurement means which measures the spectrum of the signal light generated by the signal light source and the spectrum of output light outputted by the fiber optic amplifier in response to the input of the signal light; and (c) a spectrum analysis and computation means which determines the background component in the vicinity of the center wavelength of the signal light based on the spectrum of the signal light measured by the spectrum measurement means, determines the gain of the signal light based on the spectrum of the output light measured by the spectrum measurement means, computes the background-based component of the output light due to the background component on the basis of the obtained background component and obtained gain, and finds the difference between the spectrum of the output light measured by the spectrum measurement means and the background-based component.

(0014)

(Function) With the aforementioned noise figure measurement method and measurement device, on the basis of the gain and background component obtained by measurement the spectrum of signal light and output light, the background-based component of the output light due to this background component is computed, and the difference between the spectrum of the output light and this background-based component is found. The obtained difference spectrum is the ASE component of the output light superimposed upon the signal light minus the background component. Thus, if this difference spectrum is interpolated in the center wavelength area of the signal light, the ASE spectrum alone can be selected and measured. Using the results of this measurement, the ASE power can be determined more accurately, with the skirt part of the signal light eliminated, and an accurate NF value can be given with good reproducibility.

(0015)

(Embodiments) Below, an embodiment of the present invention is simply described with reference to the drawings. (0016) Figure 3 is a drawing illustrating the constitution of a noise figure measurement device according to an embodiment of the present invention. Signal light from a signal light source 2 is inputted via optical fiber into a fiber optic amplifier 4. This fiber optic amplifier 4 consists of optical fiber doped with rare earth elements, a pumping light source which generating excitation light, etc. Output light amplified by the fiber optic amplifier 4 is transmitted over optical fiber and detected by an optical spectrum analyzer 6. The wavelength dependency of the output light power of the fiber optic amplifier 4, etc., is measured by this optical spectrum analyzer 6. The aforementioned signal light source 2 has its signal light generation timing, waveform and the like controlled by a controller 8. The data relating to the output light of the fiber optic amplifier 4 detected by the optical spectrum analyzer 6 is processed by a computation unit 10. Namely, based on analysis of the various data, such as the center wavelength  $\lambda$  of the signal light, the gain  $G$  of the fiber optic amplifier and the noise light power  $P_{ASE}$  at specific resolution  $\Delta\nu$ , the noise figure, is the NF value, is computed.

(0017) The operation of the measurement device in Figure 3 is simply explained based on Figure 4.

(0018) Figure 4 (a) shows the first computation procedure. The spectrum of the signal light power  $P_{in}(\lambda)$  to be inputted into the fiber optic amplifier 4 is detected by the optical spectrum analyzer 10 without passing through the fiber optic amplifier 4. The spectrum of the signal light is interpolated in the vicinity of its center wavelength  $\lambda_0$  to find the background component  $P_{sin}(\lambda)$  forming the skirt part of the signal light, which is stored in the computation unit 10.

(0019) Figure 4 (b) shows the second computation procedure. The spectrum of output light power  $P_{out}(\lambda)$  obtained by amplifying the signal light from the signal light source 2 by passing it through the fiber optic amplifier 4 as shown in Figure 3 is detected by the fiber spectrum analyzer 10. The gain  $G$  of the fiber optic amplifier 4 is computed by comparing the peak value of power  $P_{in}$  and the peak value of power  $P_{out}$  and is stored in the computation device 10.

(0020) Figure 4 (c) shows the third computation procedure. Based on the background component  $P_{sin}(\lambda)$  and the gain  $G$ , the background-based component  $P_{sout}(\lambda) = GP_{sin}(\lambda)$  of the output light due to this background component is computed and stored in the computation device 10. When the wavelength range is relatively wide, it is more accurate to first determine the wavelength dependency  $G(\lambda)$  of  $G$  with the second means.

(0021) Figure 4 (d) shows the fourth computation procedure. The background-based component  $P_{sout}$  stored in the third computation procedure is subtracted from the spectrum of the power  $P_{out}$  of the output light detected by the optical spectrum analyzer 10, and this difference spectrum is interpolated in the center wavelength area of the signal light, which allows the transmission and reception unit noise light power  $P_{ASF}$  (corresponding to the area filled with oblique lines) alone to be selected and measured.

(0022) In the final computation procedure, the noise figure NF is calculated according to formula 1 based on the noise

(4)

Unexamined Patent Application Publication H5-133841

light power  $P_{ASE}$ , the center wavelength  $\lambda_0$ , the gain  $G$ , etc. This noise figure  $NF$  is a value from which the skirt part of the signal light has been excluded, so it is more accurate and of better reproducibility.

(0023) The present invention is not limited to the above embodiment. For example, one can also use an optical spectrum analyzer incorporating a computation device 14.

(0024) (Effect of the invention) According to the noise figure measurement method and device of the present invention as described above, the difference spectrum obtained by finding the difference between the background-based component and the output light spectrum is the signal light with the background component subtracted therefrom superimposed upon the output light ASE component. Therefore, if the difference spectrum is interpolated in the center wavelength area of the signal light, the ASE spectrum alone can be selected and measured. By using the

results of this measurement, the ASE power can be determined more accurately with the skirt part of signal light eliminated, which can provide accurate  $NF$  values with good reproducibility.

(Brief description of the drawings)

(Figure 1) A drawing illustrating an example of a conventional method for measuring the noise figure of a fiber optic amplifier.

(Figure 2) A drawing illustrating another example of a conventional method for measuring the noise figure of a fiber optic amplifier.

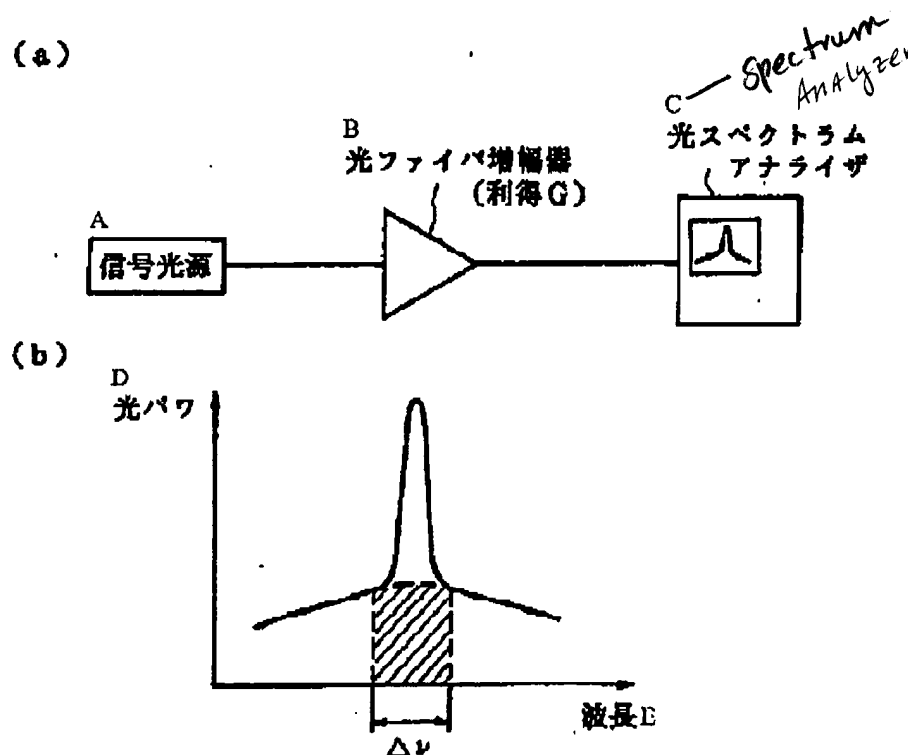
(Figure 3) A drawing illustrating the constitution of a noise figure measurement device as per an embodiment.

(Figure 4) A drawing explaining the processing in the measurement device of Figure 3.

(Description of the symbols)

2 ... signal light source; 4 ... fiber optic amplifier; 6, 10 ... analysis means

(Figure 1)



F 従来技術 (1)

[keys]

A: Signal light source

B: Fiber optic amplifier (gain  $G$ )

C: Optical spectrum analyzer

D: Light power

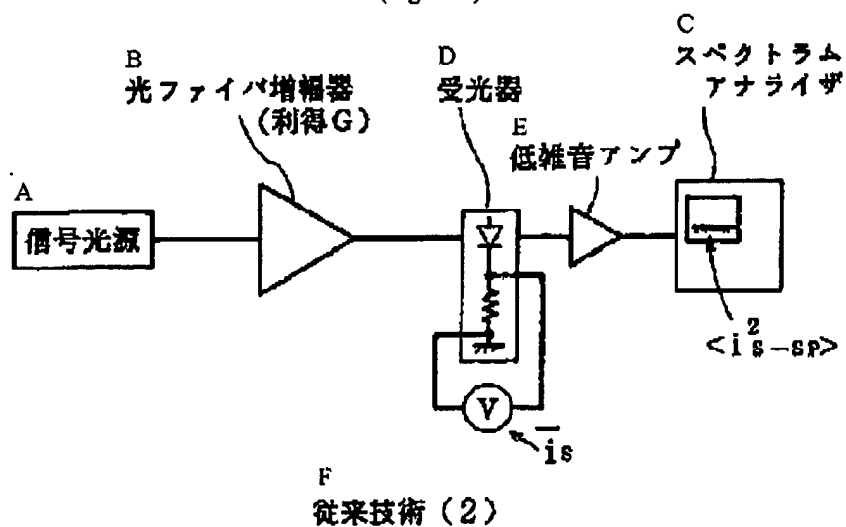
E: Wavelength

F: Prior art (1)

(5)

Unexamined Patent Application Publication H5-133841

(Figure 2)



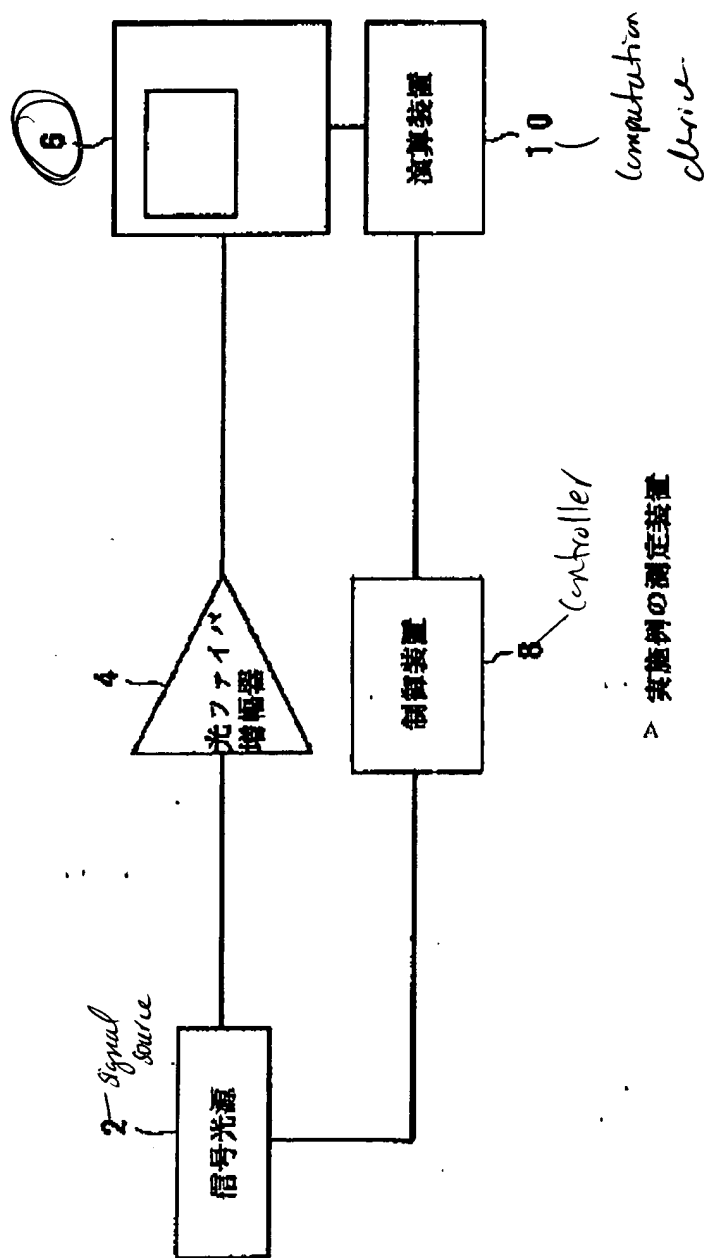
## [keys]

- A: Signal light source
- B: Fiber optic amplifier (gain G)
- C: Spectrum analyzer
- D: Photoreceiver
- E: Low noise amp
- F: Prior art (2)

(6)

Unexamined Patent Application Publication H5-133841

(Figure 3)



## [keys]

2: Signal light source

4: Fiber optic amplifier

8: Controller

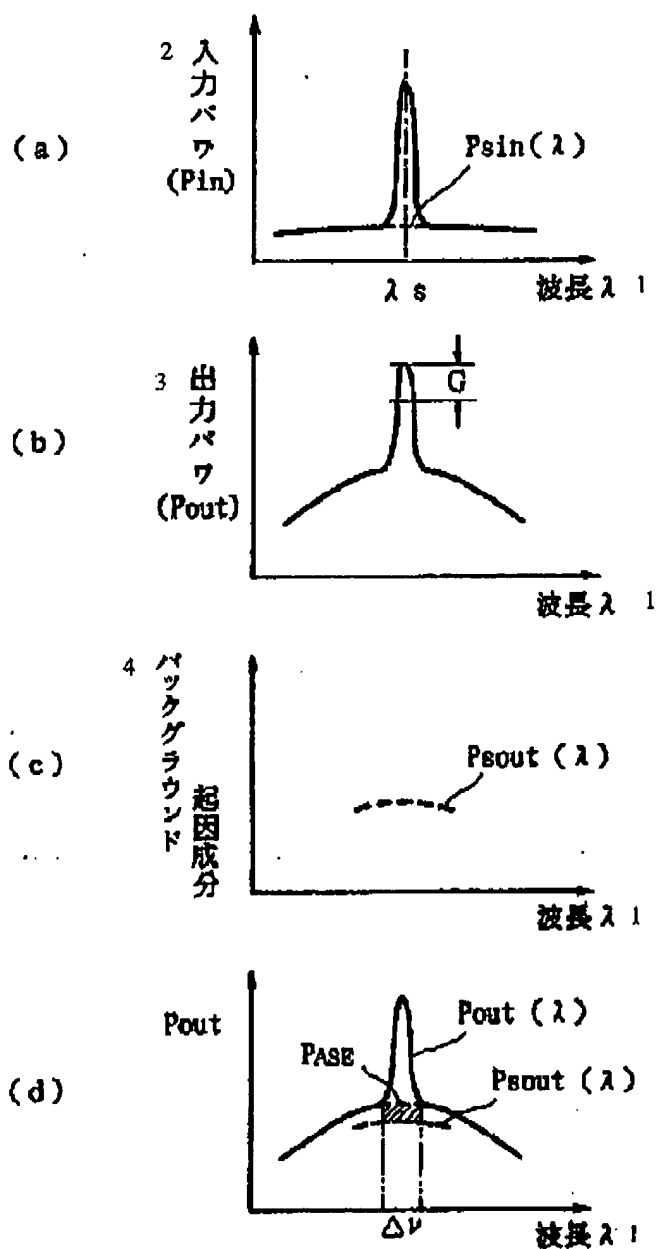
10: Computation device

A: Measurement device as per an embodiment

(7)

Unexamined Patent Application Publication H5-133841

(Figure 4)



[keys]

- 1: Wavelength  $\lambda$
- 2: Input power ( $P_{in}$ )
- 3: Output power ( $P_{out}$ )
- 4: Background-based component

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-133841

(43) 公開日 平成5年(1993)5月28日

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>

G 0 1 M 11/00

G 0 2 F 1/35

識別記号

U

8204-2G

5 0 1

7246-2K

序内整理番号

FI

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平3-300511

(22) 出願日 平成3年(1991)11月15日

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 重松 昌行

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電

気工業株式会社横浜製作所内

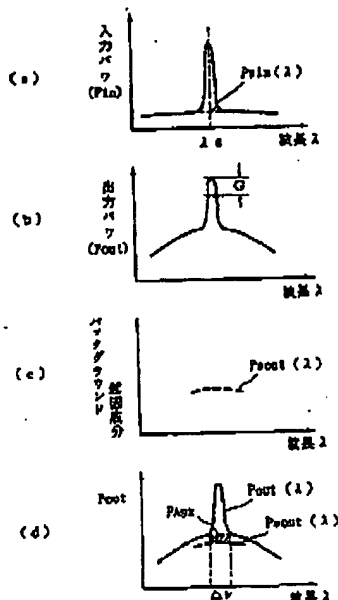
(74) 代理人 弁護士 長谷川 芳樹 (外3名)

(54) 【発明の名称】 雑音指数の測定方法及び装置

(57) 【要約】

【目的】 正確で再現性の高い雑音指数の測定装置。

【構成】 光ファイバ増幅器に入力すべき信号光のパワ  $P_{in}(\lambda)$  をアナライザで検出し、中心波長  $\lambda$  付近で内挿して信号光の裾の部分を形成するバックグラウンド成分  $P_{bkg}(\lambda)$  を求め、信号光を増幅した出力光のパワ  $P_{out}(\lambda)$  をアナライザで検出し、増幅利得  $G$  を演算する。  $P_{bkg}(\lambda)$  と  $G$  とに基づいて、この  $P_{bkg}(\lambda)$  に起因する出力光のバックグラウンド起因成分  $P_{out,bkg}(\lambda) = G P_{bkg}(\lambda)$  を演算する。アナライザで検出した出力光のパワ  $P_{out}$  から  $P_{out,bkg}$  を差し引き、この差のスペクトラムを信号光の中心波長の部分で内挿すれば、真の雑音光パワ  $P_{noise}$  (斜線部分) のみを選択して測定することができる。





特開平5-133841

(2)

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光ファイバ増幅器の利得を測定するための信号光のスペクトラムを測定して信号光の中心波長付近のバックグラウンド成分を決定する第1ステップと、信号光の入力に応じて前記光ファイバ増幅器が出力する出力光に基づいて信号光の増幅利得を決定する第2ステップと、

前記第1及び第2ステップで得られた前記バックグラウンド成分と前記増幅利得とに基づいて、該バックグラウンド成分に起因する出力光のバックグラウンド起因成分を演算する第3ステップと、

信号光の入力に応じて前記光ファイバ増幅器が出力する出力光のスペクトラムを測定して前記第3ステップで演算された前記バックグラウンド起因成分との差のスペクトラムを求める第4ステップと、

を備える光ファイバ増幅器の雑音指数の測定方法。

【請求項2】 光ファイバ増幅器の利得を測定するための信号光を発生する信号光源と、前記信号光源の発生した信号光のスペクトラムと信号光の入力に応じて前記光ファイバ増幅器が出力する出力光のスペクトラムとを測定するスペクトラム測定手段と、前記スペクトラム測定手段の測定した信号光のスペクトラムに基づいて信号光の中心波長付近のバックグラウンド成分を決定し、前記スペクトラム測定手段の測定した出力光のスペクトラムに基づいて信号光の増幅利得を決定し、前記バックグラウンド成分と前記増幅利得とに基づ

\*づいて該バックグラウンド成分に起因する出力光のバックグラウンド起因成分を演算し、前記スペクトラム測定手段の測定した出力光のスペクトラムと前記バックグラウンド起因成分との差のスペクトラムを求めるスペクトラム解析演算手段と、を備える光ファイバ増幅器の雑音指数の測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、E・r等の希土類元素を添加した光ファイバ増幅器の雑音指数の測定方法とその測定装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 図1および図2は、光ファイバ増幅器の雑音指数の従来型の測定方法を示す。図1は光学的測定方法を示したもので、図2は電気的測定方法を示したものである。

【0003】 図1(a)に示したように光学的測定方法の場合、市販の信号光源からの信号光を光ファイバ増幅器で増幅し、その出力光を光スペクトラムアナライザで測定する。この結果、光源の波長 $\lambda = c/v$ 、光ファイバ増幅器の利得G、特定分解能 $\Delta\nu$ での雑音光パワー $NF$ 等が測定される。これらの値から雑音指数(NF)が以下の式で与えられる。

【0004】

【数1】

PAGE

NF =

$$h\nu\Delta\nu(G-1)$$

【0005】 なお図1(b)は、光ファイバ増幅器の出力光の波長依存性を光スペクトラムアナライザで測定した結果を示すグラフである。上記の雑音光パワー $NF$ は、グラフ中の斜線部分の面積を求めることにより行う。

【0006】 図2の電気的測定方法の場合、光ファイバ増幅器の出力光を受光器で検出し、これを電気アンプで増幅してスペクトラムアナライザで測定する。NF値は以下の式で与えられる。

【0007】

【数2】

$$NF = \frac{\langle i_{s-sp}^2 \rangle}{2\eta e (G-1) i_s}$$

【0008】 以上説明した雑音指数の測定方法は、例えば「応用物理、第59巻、第9号、1185~1187頁、『E・rドープ光ファイバによる光増幅とその応用』、中沢、(C.R. GILES et al., "Noise Performance of Erbium-Doped Fiber Amplifier . . .", IEEE

PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, VOL. 1, p. 367, NOVEMBER 1989)等に記載されている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、光学的測定方法では、光ファイバ増幅器に入力される信号光パワーが大きくなると、雑音光(ASE; amplified spontaneous emission)が抑圧されて減少する。この結果、光スペクトラムアナライザで測定された波長依存性のグラフ上のトラムアナライザで測定された波長依存性のグラフ上の信号光の裾部分に起因するものか判然としなくなる。通常は信号光の裾部分も含めて雑音光パワーとして測定してしまっているため、NF値が大きめ(悪い方)に計算されてしまっていた。

【0010】 一方、電気的測定方法では、受光器、電気アンプ等に低雑音のものを使用しなければならない。また、光ファイバ増幅器を含む光学系に反射等が存在すると、検出出力が不安定となり、NF値の測定が困難となるといった問題もあった。

【0011】 そこで、本発明は、正確で再現性の高い雑音指数の測定方法を提供することを目的とする。

(3)

特開平5-133841

3

【0012】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明に係る雑音指数の測定方法は、(a) 光ファイバ増幅器の利得を測定するための信号光のスペクトラムを測定して信号光の中心波長付近のバックグラウンド成分を決定する第1ステップと、(b) 信号光の入力に応じて光ファイバ増幅器が出力する出力光に基づいて信号光の増幅利得を決定する第2ステップと、(c) 第1及び第2ステップで得られたバックグラウンド成分と増幅利得とに基づいて、このバックグラウンド成分に起因する出力光のバックグラウンド起因成分を演算する第3ステップと、(d) 信号光の入力に応じて光ファイバ増幅器が出力する出力光のスペクトラムを測定して第3ステップで演算されたバックグラウンド起因成分との差を求める第4ステップとを備えることとしている。

【0013】また、本発明に係る雑音指数の測定装置は、(a) 光ファイバ増幅器の利得を測定するための信号光を発生する信号光源と、(b) 信号光源の発生した信号光のスペクトラムと信号光の入力に応じて光ファイバ増幅器が出力する出力光のスペクトラムとを測定するスペクトラム測定手段と、(c) スペクトラム測定手段の測定した信号光のスペクトラムに基づいて信号光の中心波長付近のバックグラウンド成分を決定し、スペクトラム測定手段の測定した出力光のスペクトラムに基づいて信号光の増幅利得を決定し、得られたバックグラウンド成分と得られた増幅利得とに基づいてこのバックグラウンド成分に起因する出力光のバックグラウンド起因成分を演算し、スペクトラム測定手段の測定した出力光のスペクトラムとバックグラウンド起因成分との差を求めるスペクトラム解析演算手段とを備えることとしている。

【0014】

【作用】上記の雑音指数の測定方法および測定装置では、信号光と出力光のスペクトラムを測定して得られたバックグラウンド成分と増幅利得に基づいて、このバックグラウンド成分に起因する出力光のバックグラウンド起因成分を演算し、このバックグラウンド起因成分と出力光のスペクトラムとの差を求める。得られた差のスペクトラムは、バックグラウンド成分を除いた信号光と出力光のASEの成分にのせたものとなっている。したがって、この差のスペクトラムを信号光の中心波長の部分で内挿すれば、ASEのスペクトラムのみを選択して測定することができる。この測定結果を利用すれば、信号光の雑音部分を除去した状態でより正確にASEのパワーを決定することができ、正確で再現性の良いNF値を与えることができる。

【0015】

【実施例】以下本発明の実施例について図面を参照しつつ簡単に説明する。

【0016】図3は、本発明の実施例に係る雑音指数の

10

測定装置の構成を示した図である。信号光源2からの信号光は、光ファイバを介して光ファイバ増幅器4に入力される。この光ファイバ増幅器4は、希土類元素をドープした光ファイバ、励起光を発生するポンピング光源等からなる。光ファイバ増幅器4で増幅された出力光は、光ファイバを伝送して光スペクトラムアナライザ6で検出される。この光スペクトラムアナライザ6では光ファイバ増幅器4の出力光パワーの波長依存性等が測定される。上記の信号光源2は、制御装置8によってその信号光の発生タイミング、波形等を制御される。光スペクトラムアナライザ6で検出された光ファイバ増幅器4の出力光に関するデータは、演算装置10で処理される。つまり、信号光の中心波長 $\lambda$ 、光ファイバ増幅器の利得G、特定分解能 $\Delta\lambda$ での雑音光パワー $P_{\text{ASE}}$ 等の計測データの解析に基づいて、雑音指数、すなわちNF値が算出される。

【0017】図4に基づいて図3の測定装置の動作を簡単に説明する。

【0018】図4(a)は第1の演算手順を示す。光ファイバ増幅器4を介在させないで、光ファイバ増幅器4に入力すべき信号光のパワー $P_{\text{in}}$  (λ)のスペクトラムを光スペクトラムアナライザ10で検出する。信号光のスペクトラムをその中心波長 $\lambda$ 付近で内挿して信号光の雑音部分を形成するバックグラウンド成分 $P_{\text{BG}}$  (λ)を求め、演算装置10に記憶させる。

【0019】図4(b)は第2の演算手順を示す。図3のように光ファイバ増幅器4を介在させて、信号光源2からの信号光を増幅した出力光のパワー $P_{\text{out}}$  (λ)のスペクトラムを光スペクトラムアナライザ10で検出する。パワー $P_{\text{in}}$ のピーク値とパワー $P_{\text{out}}$ のピーク値の比較から光ファイバ増幅器4の増幅利得Gを演算し、演算装置10に記憶させる。

【0020】図4(c)は第3の演算手順を示す。バックグラウンド成分 $P_{\text{BG}}$  (λ)と増幅利得Gとに基づいて、このバックグラウンド成分に起因する出力光のバックグラウンド起因成分 $P_{\text{BG, out}}$  (λ) = G  $P_{\text{BG}}$  (λ)を演算し、演算装置10に記憶させる。波長範囲が比較的広い場合には第2の手段でGの波長依存性G (λ)を測定しておけばより正確である。

【0021】図4(d)は第4の演算手順を示す。光スペクトラムアナライザ10で検出した出力光のパワー $P_{\text{out}}$ のスペクトラムから第3の演算手順で記憶したバックグラウンド起因成分 $P_{\text{BG, out}}$ を差し引き、この差のスペクトラムを信号光の中心波長の部分で内挿すれば、其の雑音光パワー $P_{\text{ASE}}$  (斜線部分に対応)のみを選択して測定することができる。

【0022】最後の演算手順では、雑音光パワー $P_{\text{ASE}}$ 、中心波長 $\lambda$ 、増幅利得G等に基づいて数式1から雑音指数NFを計算する。この雑音指数NFは、信号光の雑音部分を除去した状態で、より正確で再現性の良いものとなる。

特開平5-133841

(4)

6

5

っている。

【0023】本発明は上記実施例に限定されるものではない。例えば、演算装置14を組み込んだタイプの光スペクトラムアナライザを使用することができる。

【0024】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る雑音指数の測定方法および測定装置によれば、バックグラウンド成分と出力光のスペクトラムとの差を求めることによって得られた差のスペクトラムがバックグラウンド成分を除いた信号光のASEの成分にのせたものとなっている。したがって、差のスペクトラムを信号光の中心波長の部分で内挿すれば、ASEのスペクトラムのみを選択して測定することができる。この測定結果を利用すれば、信号光の裾部分を除去した状態でより

正確にASEのパワーを決定することができ、正確で再現性の良いNF値を与えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】光ファイバ増幅器の雑音指数の従来型の測定方法の一例を示す図である。

【図2】光ファイバ増幅器の雑音指数の従来型の測定方法の別の例を示す図である。

【図3】実施例の雑音指数の測定装置の構成を示した図である。

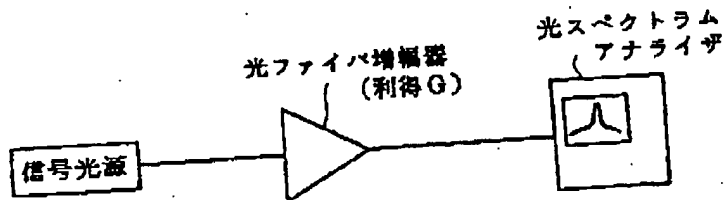
【図4】図3の測定装置における処理手順を説明した図である。

【符号の説明】

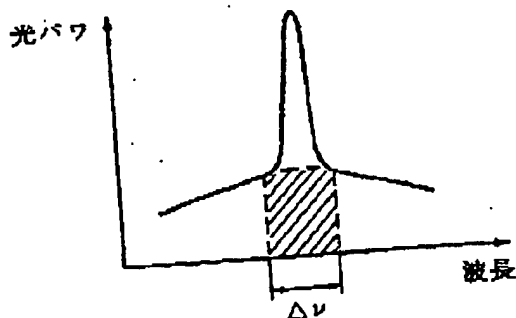
2…信号光源、4…光ファイバ増幅器、6、10…解析手段

【図1】

(a)



(b)

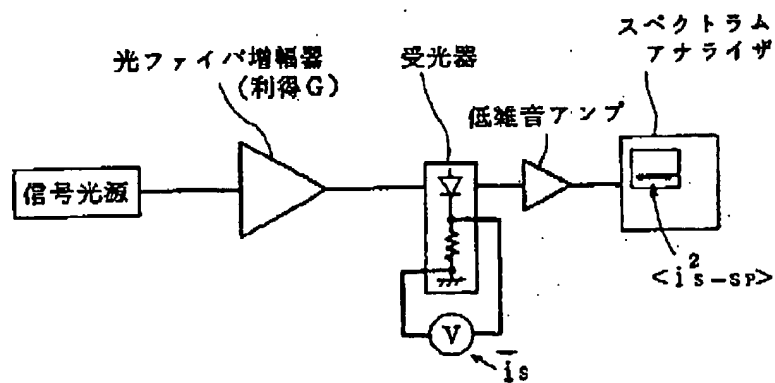


従来技術(1)

(5)

特開平5-133841

[図2]

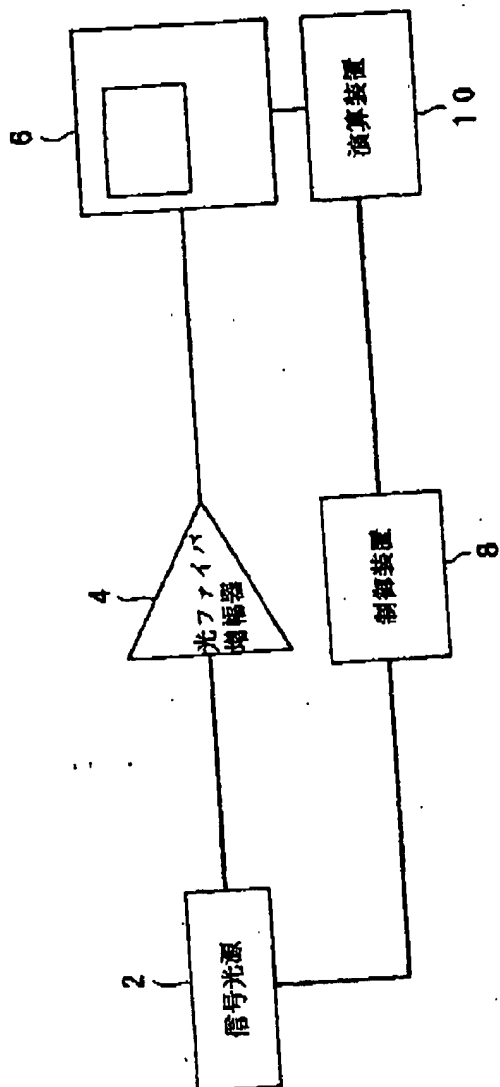


従来技術 (2)

特開平5-133841

(6)

【図3】



実施例の測定装置

(7)

特開平5-133841

〔図4〕

